Experimentelle und rechnerische Untersuchung einer Gewinderollmaschine

hinsichtlich Wirkungsweise, Beanspruchung Ausbringen und Fertigungsgüte.

Auszug

aus der von der technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigten

Dissertation

Vorgelegt von

Dipl. Ing. Walter Reichel

aus Breslau.

Referent:

Prof. R. Krauß.

Korreferent:

Prof. K. Gottwein.

Tag der mündlichen Prüfung: 5. Juli 1930.

Breslau 1930.

Experimentelle und rechnerische Untersuchung einer Gewinderollmaschine

hinsichtlich Wirkungsweise, Beanspruchung, Ausbringen und Fertigungsgüte.

AUSZUG

aus der von der Technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigten

DISSERTATION.

Vorgelegt von

Dipl.Ing.Walter Reichel

aus Breslau.

Referent :
Prof. R. Krauß.

Korreferent :
Prof. K. Gottwein.

Tag der mündlichen Prüfung : 5.Juli 1930.

---===oOOo===---

Breslau 1930.

R. UNIV
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

G e w i d m e t

meinem hochverehrten Lehrer,

Herrn Professor Karl G o t t w e i n .

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. R. K r a u ß, Breslau, wärmstens für seine Unterstützung zu danken, sowie für das Interesse, das er den Versuchen während ihrer Durchführung entgegengebracht hat.

Ferner schulde ich großen Dank dem Direktor des Versuchsfeldes für Werkzeugmaschinen, Herrn Prof. K. G o t t w e i n, für seine den Fortgang der Arbeit fördernden Anregungen und für die mir gestattete Benutzung verschiedener Meßapparate aus dem genannten Versuchsfeld.

Einleitung.

Je größer die Mengen sind, in denen ein Maschinenteil oder sonst ein Bauelement hergestellt und gefertigt wird, desto mehr lohnt es sich, jeden Arbeitsgang auf das eingehendste durchzudenken und ihn gegebenenfalls durch Sonderwerkzeuge, Vorrichtungen oder Sondermaschinen möglichst wirtschaftlich zu gestalten. Ein Arbeitsgang, der sich unzählige Male wiederholt, ist z.B. die Herstellung des Gewindes bei Maschinenschrauben und es erscheint daher wohl gerechtfertigt, wenn die betreffenden Verfahren und Einrichtungen einer aufmerksamen kritischen Untersuchung unterworfen und soweit nötig und möglich immer wieder verbessert werden. Während nun das Schneiden der Gewinde hinsichtlich Werkzeug, Werkzeugmaschine und Schraubenwerkstoff schon eingehende wissenschaftliche Bearbeitung erfahren hat, kann dies vom Rollen oder Walzen der Gewinde auf den bekannten Gewinderoll-oder Gewindewalzmaschinen bei weitem nicht in gleichem Maße gesagt werden. Jedenfalls tritt die Zahl der Veröffentlichungen über letztgenanntes Verfahren gegenüber denen über das Gewindeschneiden stark in den Hintergrund. Dieser Umstand hat den Verfasser veranlaßt, die experimentelle und rechnerische Untersuchung einer Gewindewalzmaschine durchzuführen, wobei zugleich dem Werkstoff der Schraube und der Güte des erzeugten Gewindes entsprechende Beachtung zu schenken war.

Dank dem Entgegenkommen der Schraubenfabrik Archimedes, Breslau, und ihres Direktors, Herrn Dr.Ing.E.h. S c h m i d t , war dem Verfasser eine Gewindewalzmaschine in dem genannten Werke zur Untersuchung bereitgestellt worden. Herr Dipl.Ing. Seltmann,

Oberingenieur der Schraubenfabrik, führte in einer besonderen Arbeit+), auf die hier verwiesen werde, z.T. an der gleichen Maschine Versuche aus, die sich auf die Form der Gewindewalzbacken und auf den beim Walzen im Schraubenbolzen auftretenden Verformungsvorgang beziehen. Nachstehend sei im Auszug der Inhalt der Dissertation über die Untersuchung der Gewinderollmaschine wiedergegeben.

I. Stellung des Kaltgewinderollens unter den verschiedenen Gewindeherstellungsverfahren.

Bei der Mengenherstellung von Schrauben von 1/16" bis 1½" stehen heute für die Gewindeerzeugung nur noch das Rollen (s.Fig.1), und das Schneiden im Wettbewerb. Ausschlaggebend für die Wahl einer dieser beiden Gewindeherstellungsarten sind außer der Genauigkeit der Gewinde und deren Herstellungszeit noch die beim Werkstück -der Schraube- vorangehenden Bearbeitungsgänge, der notwendige Maschinenpark nebst Werkzeugen, der Werkstoff und die verlangten Festigkeitseigenschaften. Im folgenden ist der Einfluß des Kaltgewinderollens auf die Maschine selbst, unter Berücksichtigung verschiedener Schraubenwerkstoffe und der sich beim Rollprozeß äußernden technologischen Eigenschaften der Schrauben experimentell und rechnerisch näher untersucht. Über den Rollprozeß selbst, sowie seine Beeinflussung durch das Werkzeug - Walzbacke - verweist Verfasser auf die Arbeit von R.Seltmann+). Wird nur die Herstellungszeit für das Gewinde in Betracht gezogen, so ist das Walzen (Rollen) dem Schneiden beträchtlich überlegen. Inwieweit die der Gewindeerzeugung vorangehenden und nachfolgenden Bearbeitungsgänge

---

+) R.Seltmann, Dissertation, Breslau 1930, Über das Gewinderollen unter Besonderer Berücksichtigung der Gewinderollbacken.

hinsichtlich des Zeitbedarfes für die eine oder andere Fertigungsart der Schraube sprechen, hängt nicht nur von organisatorischen Maßnahmen (Maschinenpark,herunterdrücken der Nebenzeiten) sondern in noch größerem Maße von fabrikationstechnischen Gesichtspunkten ab(Werkstoffabfall, Oberflächengüte, Standhaltigkeit des Werkzeuges).

II. Entwicklung des Gewinderollens bis zu den heute gebräuchlichsten Gewinderollmaschinen, unter Berücksichtigung der dem Rollen des Schraubenbolzens vorangehenden Bearbeitungsgänge.

Anstelle des älteren Ausdruckes „Gewinderollen" wird in neuerer Zeit auch häufig der Ausdruck „Gewindewalzen" gebraucht. Letztere Bezeichnung ist hier auch weiterhin überwiegend angewandt.

Die Anregung, Gewinde durch Kaltwalzen zu erzeugen, ist aus dem schon früher durchgeführten Warmgewindewalzen erwachsen. Die Konstruktion des ersten Typs der heutigen Kaltgewindewalzmaschine mit hin-und hergehender Walzbacke geht auf das Jahr 1851 zurück. In der Dissertation wird an Hand einer größeren Zahl von Beispielen die Entwicklung bis zu den modernen Gewindewalzmaschinen gezeigt. Dabei wird auch die Gewindewalzmaschine mit runder, rotierender Walzbacke in ihrer Entstehung und Entwicklung verfolgt. Die Gründe für ihre geringe Verbreitung liegen u.a. in der schwierigen Werkzeug-Herstellung und - Einstellung. Die Entwicklung der dem Walzen vorangehenden und nachfolgenden Arbeitsgänge wird zum Schluß dieses Abschnittes dargestellt.

III. Die Versuchsgewindewalzmaschine.

Die eingehende Untersuchung des Gewindewalzens wurde, wie eingangs erwähnt, mit einer Maschine der Schraubenfabrik

Archimedes, Breslau, durchgeführt. Fig.2 zeigt eine Seitenansicht derselben. Die Maschine wird von einem Motor (s.Fig.3) mit Hilfe einer Spannrolle angetrieben. Über ein Übersetzungsgetriebe von 1:10 wird der Kurbeltrieb und mithin die hin-und hergehende Walzbacke in Tätigkeit gesetzt. Die zweite Walzbacke ist fest eingebaut.

Hauptabmessungen der Maschine :

Größte Gewindelänge : 80 mm

Größter Gewindedurchmesser : 1¼"

Leistung in 10 Stunden : etwa 15000 — Schrauben bei 1⅛"-Gewinde-Durchmesser.

Raumbedarf : 2800 . 1700 mm

Kraftbedarf: etwa 8 - 10 PS

Gewicht netto : 5900 kg.

Für ein genaues Arbeiten ist die sorgfältige Einstellung der Walzbacken Bedingung; die Einrichtung hierzu ist näher beschrieben.

IV. Der Versuchsstand.

Apparatur für die Walzdruckmessung.

Bei der Untersuchung des Walzvorganges sind an erster Stelle die beim Walzen auftretenden Kräfte zu ermitteln. Diese wurden mit Hilfe eines selbstkonstruierten Walzdruck-Meßgerätes, s.Fig. 3, 4 und 5, registriert, zu dessen Bemessung eingehende Vorversuche notwendig waren. Die Aufnahme der Walzdrücke in dem reibungslos auf Schneiden und Kugeln gelagerten Walzdruckhebel unter Verwendung zweier Meßdosen geht aus der Fig. 5 deutlich hervor, Der Tangential-wie der Radialdruck wurde auf einer Walzdruck-Schreibapparatur registriert, die die in Bourdonfedern auftretenden

Pressungen bzw. Deformationen mit Tintenschreibern aufzeichnete. Hierbei wurde erstmalig mit einer maximalen Papiergeschwindigkeit von 120 mm/Sek.gearbeitet. Eine Ansicht des Walzdruck-Schreibgeräts ist aus den Fig. 3 und 4 zu ersehen.

Für ein genaues Arbeiten des Walzdruckhebels bei dem schnellen Vorgang des Walzens von etwa 1/2 Sekunde war eine sorgfältige Konstruktion und Füllung der Meßdosen Bedingung. Die Konstruktion, Füllung und Eichung des Meßsystems „Meßdose-Manometer" wird in diesem Abschnitt eingehend dargelegt.

Zeit-Weg-Aufnahmegerät.

Da die Walzdrücke auf einer mit konstanter Papiergeschwindigkeit laufender Papierrolle aufgezeichnet wurden, mußten die Tangential-Walzdrücke P_T, - um die Verformungsarbeit $A_V = \int P_T \cdot ds$ bestimmen zu können - , dieser Aufzeichnung entnommen und in Abhängigkeit vom Wege aufgetragen werde. Hierzu diente das aufzunehmende Zeit-Weg-Diagramm. Dies wurde dadurch hergestellt, daß der Gewindewalzmaschinenschlitten (s.Fig.3) vermittelst eines Schiebers mit dem Zeit-Weg-Aufnahmegerät verbunden wurde. Dabei wurde der Hub der Gewindewalzmaschine mit Hilfe eines Storchschnabels verkleinert und mit Silberstift auf eine mit Bromsilberpapier bespannte Rolle geschrieben. Ein solches Zeit-Weg-Diagramm ist aus Fig.5 der Tafel I zu ersehen.

Elektrische Meßapparatur.

Um das Verhalten der Gewindewalzmaschine hinsichtlich ihres Kraftverbrauches beim Walzen und beim Leerlauf sowie insbesondere den Einfluß der Massenkräfte kennen zu lernen, war die Anwendung eines elektrischen Leistungsschreibers notwendig. Als

geeignet hierfür hat sich ein funkenregistrierendes Wattmeter erwiesen, das einer vorherigen Eichung unterworfen wurde. Die Aufschreibung des Leistungsverbrauches geschah auf einem mit 2 cm/Sek. laufenden Papierband. Zur Kontrolle des Funkenwattmeters war ein ebenfalls vorher geeichtes Volt-und Amperemeter in den Stromkreis des Hauptantriebsmotors eingeschaltet.

Walzmaschinen-Antriebsmotor.

Die Versuchsgewindewalzmaschine wurde von einem Wendepol-Nebenschlußmotor (Fabrikat Bergmann,Type SF 3,6) von 15,5 PS über eine Spannrolle angetrieben. Als normale Betriebsdrehzahl des Motors wurde die Drehzahl n = 1100 Umdr/Min. gewählt, was bei einem Durchmesser der Walzmaschinen-Antriebsscheibe von 960 mm, einem Durchmesser der Motorriemenscheibe von 288 mm und einem Übersetzungsverhältnis von 1:10 des Walzmaschinengetriebes 33 Hübe/Min. des Walzmaschinenschlittens ergab. Der Motor war vorher mit Hilfe eines Pronyschen Bremszaumes geeicht worden.

Tachograph.

Um die Auswirkung der Schwungmassen bei Leerlauf und bei Belastung auf die Gewindewalzmaschine und ihren elektrischen Antrieb ermitteln zu können, war die Bestimmung der Drehzahlschwankung notwendig. Der beim Walzprozeß auftretende Drehzahlabfall wurde mittels eines Tachographen (Fabrikat Dr.Th.Horn,Leipzig) aufgezeichnet. Der Tachograph, dessen Konstruktion auf dem Fliehkraftpendel beruht, war hierzu mit einem an einem Tintenschreiber vorbeilaufenden Papierband versehen, welches mit einer Geschwindigkeit von 2 cm/Sek. lief.

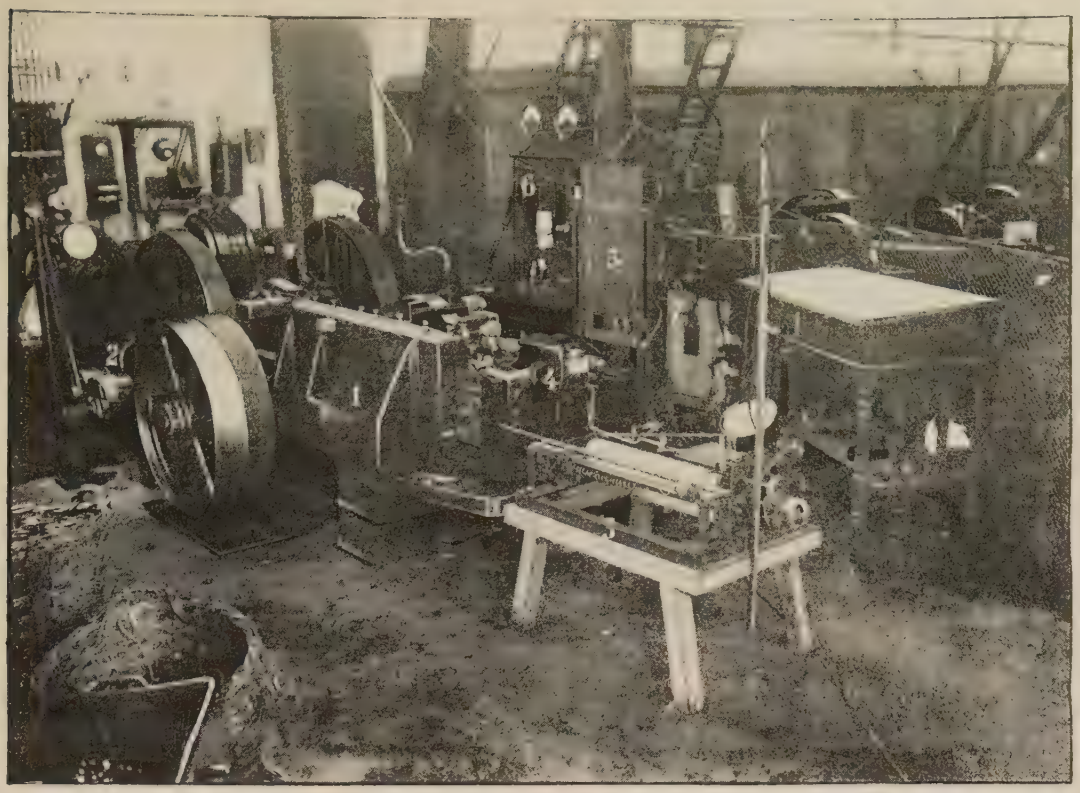


Fig.3 Linke Seitenansicht der gesamten Versuchsanlage zur Untersuchung einer Gewindewalzmaschine

1. Versuchsgewindewalzmaschine
2. Antriebsmotor
3. Zeit-Weg-Aufnahmegerät
4. Walzdruck-Messvorrichtung
5. Walzdruck-Schreibgerät
6. Funkenwattmeter
7. Elektrische Anlass- u. Regulier-vorrichtung

Fig. 4 Rechte Seitenansicht der gesamten Versuchsanlage zur Untersuchung einer Gewindewalzmaschine

1. Versuchsgewindewalzmaschine
2. Antriebsmotor
3. Zeit-Weg-Aufnahmegerät
4. Walzdruck-Messvorrichtung
5. Walzdruck-Schreibgerät
6. Funkenwattmeter
7. Elektrische Anlass-u. Regulievorrichtung
8. Tachograph

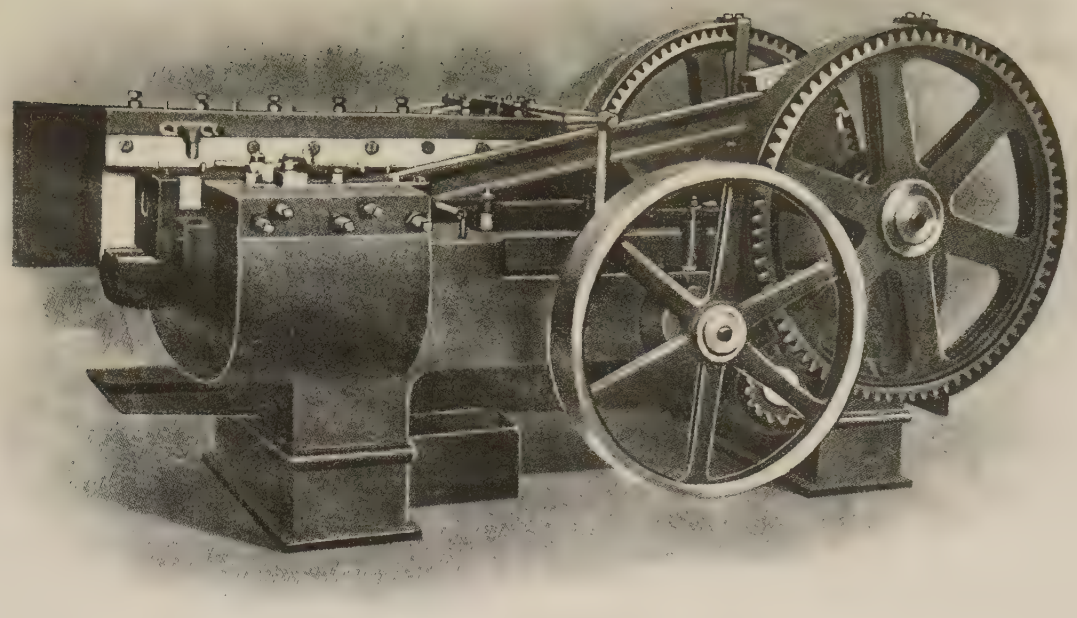


Fig.2
Die Versuchsgewindewalzmaschine

Fig.5

Zeit-Weg-Diagramm
Versuch №148

Zeit
Hub

Umdreh. der Trommel n= 285 1/Min
Durchm. " " = 145mm
Pantographen Verkleinerung 1:3

Belastungs-Hub

Fig.6

Versuch №148

Zeit-Weg-Diagramm
Belastungshub

Umdreh. der Trommel: n= 285 1/Min
Durchm. " " = 145mm
Pantographen Verkleinerung 1:3

Weg-Hub-615mm

Walzdruck-Diagramm-Hub

Zeitachse für das Walzdruck-Diagramm

Fig.2

Versuch №148

Radialdruck
1 cm=1400 kg

Papiergeschw. 2,24 cm/sec

Fig.1

Tangentialdruck:
1 cm=400 kg

Hub

Versuch №148

Hub-Kontaktgebung

Fig.7

Funken-Watt Diagramm
Papiergeschw. 2,1 cm/sec
Ordinate 1 cm 2,285 KW
700 Amp. Saum

F=11,3 cm

Sec. Kontaktgebung.

Versuch №148

Fig.4

Umgezeichneter
Radialdruck
1 cm=1400 kg

Hub

Fig.3

Umgezeichneter
Tangentialdruck
1 cm=400 kg

F=33,4 cm

Hub

Fig.8

Fig.8
Versuch №148
Tachographenfeder 6%

Papiergeschw. 1,82 cm/sec

%

Auswertungsbeispiel

Nieteisen: 35.13 *Länge: 60mm*

Tafel I

Gesamte Versuchsanordnung.

Die gesamte Versuchsanordnung geht aus Fig. 3 und 4 hervor. Das Walzdruck-Schreibgerät, der Tachograph und das funkenregistrierende Wattmeter waren mit einer Hubkontaktgebung versehen, die von dem Zeit-Weg-Apparat aus ausgelöst wurde. Dies war erforderlich, um bei der Auswertung der betreffenden Diagramme die Verbindung mit dem Zeit-Weg-Diagramm zu erhalten.

Auswertungsbeispiel für die aufgenommenen Diagramme.

Die Tafel I gibt ein Beispiel für die Auswertung der rund 300 Versuchsnummern wieder. Der Tangential-und der Radialdruck sind in Abhängigkeit von der Zeit aufgetragen, da der Papiervorschub mit konstanter Geschwindigkeit erfolgte. Zur Bestimmung der reinen Verformungsarbeit beim Walzprozeß $A_V = \int P_T \cdot ds$ wurde das Tangentialdruck-Diagramm mit Hilfe des Zeit-Weg-Diagrammes umgezeichnet, s.Fig. 3 der Tafel I, derart, daß die tangentialen Walzdrücke jeweils über den betreffenden Hubwegen als Abszissen aufgetragen wurden. Die Verformungsarbeit entspricht demnach der Fläche des umgezeichneten Tangentialdruck-Diagrammes, da nur dem Tangentialdruck ein Arbeitsweg zugeordnet ist. Aus der planimetrierten Fläche ergibt sich die Verformungsarbeit A_V unter Berücksichtigung des Maßstabes 1 cm^2 = 2589 cmkg.

Die Fläche des Radialdruck-Diagrammes ist an sich von keiner Bedeutung, da dem Radialdruck P_R kein Weg zugeordnet ist. Hier kommt es lediglich auf die Größe der Drücke, also auf den Verlauf der Schaulinien an. Hierzu ist jedoch außer der Umzeichnung nach Fig. 4 der Tafel I noch eine Abänderung der Ordinaten notwendig. Da der Bolzen beim Walzen entlang der Walzbacke wandert, ändert

sich sein Abstand von dem Drehpunkt des Walzbackenhebels in jedem Augenblick und damit auch der auf den Bolzen tatsächlich wirkende Druck gegenüber dem von der Meßdose aufgezeichneten. Unter Berücksichtigung der jeweils bekannten Hebelarmverhältnisse wird der Verlauf der wirklichen Radialdrücke auf den Bolzen ermittelt. Die größte Höhe dieser Schaulinie entspricht dem höchsten das Walzmaschinenbett belastenden Druck.

Die elektrisch aufgewandte Verformungsarbeit aus dem KW-Diagramm ergibt sich zu : $A_{V'} = \int KW \cdot dt$. Durch Planimetrierung des Funkenwattmeter-Diagrammes und unter Benützung der Funkenwattmeter-Eichkurve wurde die elektrisch aufgewandte Verformungsarbeit A_G in mkg festgestellt. Bei Berücksichtigung des Wirkungsgrades des Motors ergibt sich sodann die in die Gewindewalzmaschine eingeleitete Verformungsarbeit $A_{G'}$. Alles übrige geht aus der Tafel I hervor.

V. Veränderungen, die an der Versuchsgewindewalzmaschine vorgenommen wurden.

Da die zu untersuchende Gewindewalzmaschine 15 Jahre hindurch in der Fabrikation gestanden hatte, bedurfte sie einer entsprechenden Überholung. So wurden z.B. sämtliche Lagerstellen nachgearbeitet. Ferner wurden unter Verwendung des Funkenwattmeters verschiedene Antriebsriemen ausprobiert und auf Grund der günstigsten Funkenwattkurve der geeignete Riemen ausgesucht. Mit Hilfe der Tachographenkurve wurde der Anteil der einzelnen Schwungmassen auf die Ungleichförmigkeit des Kurbeltriebes festgestellt. Durch Koppelung der Leerlaufsscheibe mit der Vollaufscheibe, sowie durch Anbringen eines Gegengewichts an der Kurbelwelle war es möglich, auf Grund des aufgenommenen Tachographen-Diagrammes die Ungleichförmigkeit auf 0,5% herabzudrücken. Die in einer Tabelle zusammengestellten Trägheitsmomente und die in einer Tafel vereinigten

Tachographendiagramme sollen dem Konstrukteur von Gewindewalzmaschinen eine Handhabe für die Durchrechnung von Gewindewalzmaschinen für andere Verhältnisse ermöglichen. Die Größe der Ungleichförmigkeit bei Belastung der Maschine zeigen die beim Walzen verschiedener Schraubenwerkstoffe mit konstantem Bolzendurchmesser von 29,3 mm und verschiedener Bolzenlängen aufgenommenen Tachographendiagramme, die ausgewertet und zu einem Schaubild vereinigt sind.

VI. Untersuchung der Versuchsgewindewalzmaschine.

Aufstellung der Bilanz.

Zur Aufstellung einer Bilanz ist es notwendig, die in die Maschine eingeleitete Arbeit bis zum Schraubenbolzen zu verfolgen. Als Zeiteinheit für die geleistete Arbeit wurde die Zeit gewählt, während der ein Bolzen gewalzt wurde.

Bei 850 Umdrehungen/Min. des Antriebsmotors, entsprechend einer mittleren Walzgeschwindigkeit von 0,522 m/Sek., ergab sich z.B. für Nieteisen bei 20 mm Gewindelänge eine Verformungsarbeit aus dem Tangentialdruck-Diagramm von : A_V = rd. 250 mkg.

Aus dem Funkenwatt-Diagramm ergibt sich als gesamte aufgewendete elektrische Arbeit : A_G = rd. 436 mkg.

Bei einem zugehörigen Wirkungsgrad des Motors von η = 77% werden mithin in die Gewindewalzmaschine 436 · 0,77 = 336 mkg eingeleitet, so daß die Motor-Verluste rd. 100 mkg betragen.

Da, wie erwähnt, die aus dem Tangentialdruck-Diagramm erhaltene Nutzarbeit für die Verformung rd. 250 mkg beträgt, ergeben sich die mechanischen Verluste der Gewindewalzmaschine zu :
336 - 250 = 86 mkg.

Für die Gewindewalzmaschine folgt daher der Wirkungsgrad :

$$\eta_{\text{Masch.}} = \frac{250}{336} = 74\%.$$

In der gleichen Weise wurden auch für andere Belastungsfälle die Wirkungsgrade der Gewindewalzmaschine ermittelt und zu einem Bilanzbild vereinigt.

Berechnung des Starrheitsgrades der Versuchsgewindewalzmaschine und Vergleich desselben mit anderen Walzmaschinenkörpern.

Für eine genaue und gute Walzarbeit ist die möglichst hohe Starrheit des Schlittenbettes unerläßlich. Krug[+)] leitet an dem Beispiel eines durch eine Kraft P auf Biegung beanspruchten, einseitig eingespannten, stabförmigen Körpers die Durchbiegung f ab und sieht den Wert $\frac{P}{f}$ als Maß für die Starrheit an. Somit wäre durch eine zahlenmäßige Bestimmung des Starrheitsgrades $\frac{P}{f}$ ein Faktor für die zulässige Beanspruchung einer Werkzeugmaschine gefunden.

Es müßte verlangt werden, daß nicht nur die Ausführungsgenauigkeit einer Werkzeugmaschine innerhalb gewisser, durch die Praxis noch als zulässig erwiesener Toleranzen liegt - Abnahmetoleranzen -[++)], sondern es müßte auch die Angabe des Starrheitsgrades für solche Stellen oder Teile einer Werkzeugmaschine verlangt werden, die für die Herstellungsgüte und Genauigkeit des Werkstückes maßgebend sind (Bett der Gewindewalzmaschine).

Der Starrheitsgrad $\frac{P}{f}$ ist hier noch erweitert auf $\frac{P}{\alpha}$, - wo α der Winkel der Schiefstellung einer Wand infolge der Beanspruchung - ,

---

+) Krug : Zum Begriff „Starrheit" bei Werkzeugmaschinen, Maschinenbau 1927, Heft 6, S.165.

++) Schlesinger: Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen, Verlag Julius Springer, Berlin 1927.

da nicht allein die Durchfederung eines bestimmten beanspruchten Punktes bei einer Werkzeugmaschine ausschlaggebend sein kann, sondern auch mitunter die gesamte Schiefstellung des Maschinenteils an der betreffenden Stelle.

Der Begriff„Starrheit" sei daher definiert als :

1.) Starrheit $\frac{P}{f}$ = Anzahl der kg, welche die Erweiterung von 1 mm hervorrufen,

2.) Starrheit $\frac{P}{\alpha}$ = Anzahl der kg, welche die Winkeländerung von 1/1000 im Bogenmaß hervorrufen.

Der Starrheitsbegriff läßt sich also je nach der Art der Beanspruchung beliebig erweitern, z.B. $\frac{M}{\alpha}$ als Starrheit gegenüber einem Moment, etwa bei einer Bohrmaschinenspindel.

Für die Berechnung der Aufweitung f, s.Fig.6, und der Winkeländerung α der Versuchsgewindewalzmaschine werden die Sätze der virtuellen Formänderungsarbeit benutzt. Man erhält hierbei die beiden folgenden Formeln für den krummen Stab :

$$f = \int \left(\frac{N\,N'}{E\,F} + \frac{M\,M'}{E\,J_o} \right) ds$$

$$\alpha = \int \left(\frac{N\,N''}{E\,F} + \frac{M\,M''}{E\,J_o} \right) ds$$

wobei : $N = P + \frac{M}{r}$, hierbei ist P = Normalkraft im Schwerpunkt S

M = Biegungsmoment (s.Hütte I, 23.Aufl.Jahrgang 1919,S.589)

E = Elastizitätsmodul

J_o= eine dem Trägheitsmoment J bei geraden Stäben entsprechende Größe

F = Querschnittsfläche

ds= $r \cdot d\varphi$ beim gebogenen Stab

Die einmal gestrichenen Größen gelten für den Lastzustand $P_R = 1$ und die zweimal gestrichenen Größen für den Lastzustand M = 1 (s.Fig.6).

Die ersten Integrale in diesen beiden Formeln können vernachlässigt werden, da man hierbei nur einen Fehler von etwa 4% begeht, zumal die Grundlagen der Berechnung mit Rücksicht auf das Material Gußeisen und die komplizierte Form des Gußstückes es nicht erlauben, eine höhere als etwa 10%-ige Genauigkeit anzunehmen. Setzt man die Querschnittsgröße des mittleren Querschnittes I, s.Fig.6, in obige Formel ein, so erhält man die beiden vereinfachten Formeln :

$$f = \frac{1}{E\, J_{O_I}} \int \frac{M\, M' J_{O_I}}{J_O} \cdot ds$$

$$\alpha = \frac{1}{E\, J_{O_I}} \int \frac{M\, M'' J_{O_I}}{J_O} \cdot ds$$

Mit Hilfe dieser Formeln wurden bei verschiedenen Belastungen die Starrheiten $\frac{P}{f}$ und $\frac{P}{\alpha}$ errechnet und in Kurven aufgetragen. Für die Versuchsgewindewalzmaschine ergab sich ein :

$$\frac{P}{f} = 122500 \text{ kg}$$

$$\frac{P}{\alpha} = 33200 \text{ kg/1/1000 Winkeleinheit im Bogenmaß.}$$

Die so errechneten Durchbiegungen $\frac{P}{f}$ fanden ihre Bestätigung durch die mit Meßuhr gemessenen Durchbiegungswerte an den in Fig.6 ersichtlichen, durch P_R bezeichneten Stellen.

Auf Grund obiger Berechnung wurden auch für Gewindewalzmaschinen anderen Herstellungsursprunges Starrheitsgradkurven aufgestellt und die so erhaltenen Starrheitsgrade mit der Starrheitsgradkurve der Gewindewalzmaschine verglichen.

Einfluß des Bolzenschaftdurchmessers auf die Beanspruchung der Maschine.

Bevor der Bolzen durch Walzen sein Gewindeprofil erhält, muß der mit Gewinde zu versehende Schaftteil auf einen bestimmten

Durchmesser vorgeschabt oder reduziert werden. Die für diesen Durchmesser allgemein angegebenen Formeln wie z.B. :

$$d_m = \frac{1}{2} \cdot (d_a + d_i) = d_f$$

wobei : d_a = Gewindeaußen-Ø
d_i = Kern-Ø
d_m = Bolzenschaft-Ø vor dem Walzen
d_f = Flanken-Ø

werden kritisch besprochen, ebenso die Angaben verschiedener Firmen hierüber. Die unterschiedlichen Abmessungen der reduzierten oder vorgeschabten Bolzenschaftdurchmesser sind begründet in den verschiedenen Plastizitätsvermögen der Schraubenwerkstoffe(d.h. deren größerer oder geringerer Fähigkeit,sich beim Walzen bleibend zu verformen), in der geforderten Herstellungstoleranz des Gewindes (Fein-,Mittel-oder Grob-Toleranz) sowie in der geforderten Oberflächengüte des zum Walzen vorbereiteten Bolzenschaftes. Aus den bei verschiedenen Bolzenschaftdurchmessern aufgenommenen Walzdruckkurven geht hervor, daß bei einer Vergrößerung des Bolzenschaftdurchmessers von 0,1 mm und bei einer jeweiligen Erhöhung der Gewindelänge um 1 cm der radiale Walzdruck P_R im Durchschnitt um 0,2 Tonnen steigt; d.i. bei 5 cm Gewindelänge = 5 · 0,2 = 1 Tonne Drucksteigerung für 0,1 mm Bolzenschaftdurchmesser-Erhöhung. Für den Werkstoff Nieteisen (St 34.13) ergab sich für 1¼"-Gewinde als günstigster Bolzenschaftdurchmesser d_m= 29,5 mm. Um bei zu starkem Bolzenschaftdurchmesser einer Überlastung der Gewindewalzmaschine sowie insbesondere der Walzbacke vorzubeugen, werden einige Sicherheits-Vorrichtungen besprochen.

VII. Verhalten verschiedener Schraubenwerkstoffe beim Kaltgewindewalzen.

Mit der vorstehend unter IV erwähnten Versuchsapparatur wurde auch das besondere Verhalten verschiedener Schraubenwerkstoffe

beim Walzen untersucht. Es sollten hierbei nachstehende Faktoren ermittelt werden :

1.) Die Geeignetheit beim Walzen,-

2.) die hierbei den Maschinenkörper belastenden Drücke,-

3.) der Kraftverbrauch der Maschine.

Die verwendeten Schraubenbolzen besaßen einen Schaftdurchmesser von 29,3 mm und waren aus gezogenem Material hergestellt. Die Länge des auf die Schraubenbolzen aufzuwalzenden Gewindes wurde bei den einzelnen Werkstoffen stets soweit gesteigert, bis die Meßbereiche der Registrierinstrumente, insbesondere der der Walzdruck-Schreibvorrichtung nicht mehr ausreichten. Die Versuche wurden entsprechend der Tafel I ausgewertet, und die Ergebnisse und Beobachtungen zu einer Tabelle vereinigt.

Gewalzt wurden :

1.) Schraubenwerkstoff Nieteisen,St 34.13.

Dieses in der Schraubenindustrie für gewöhnliche Befestigungsschrauben am meisten verwendete Nieteisen ließ sich sehr gut verwalzen.

2.) Schraubenwerkstoff St 50.11.

Dieser Werkstoff ist noch härtbar; er wird für hoch beanspruchte Schrauben im ungehärteten Zustand,die einem größeren Verschleiß ausgesetzt sind, angewandt. Bei einer Walzgeschwindigkeit von 44 m/Min. sprühten beim Anfahren der Maschine schon bei den 20 mm langen Bolzen Funken an den Walzbacken. Die bei diesem Material auftretenden Temperaturen sind also bei der genannten Walzgeschwindigkeit so hoch, daß, um ein Ausglühen der Walzbacke zu verhüten, die Versuche auch mit den anderen Längen bei dieser Geschwindigkeit beendigt werden mußten.

3.) Schraubenwerkstoff St 60.11.

Dieser Schraubenwerkstoff ist gegenüber dem Werkstoff St 50.11 für höhere Schraubenbeanspruchungen anwendbar, zumal er die Eigenschaft besitzt, härt-und vergütbar zu sein. Bereits bei 37 m/Min. Walzge-

schwindigkeit trat das obenerwähnte Funkensprühen ein.

4.) Schraubenwerkstoff St C 35.61.

Die Eigenschaften dieses vergütbaren Schraubenwerkstoffes machen ihn besonders für die Automobil-Industrie wertvoll. Er verursachte trotz seiner hohen Festigkeit keinerlei Funkensprühen während des Walzens, ein Zeichen, daß er hohe Plastizität besitzt und sich daher zum Einwalzen von Gewinden sehr gut eignet.

5.) Schraubenwerkstoff Duraluminium.

Wegen seiner dem Flußeisen ähnlichen Festigkeitseigenschaften und seines geringen spezifischen Gewichtes wird dieser Werkstoff besonders im Flugzeugbau verwandt. Das hier verwandte Versuchsmaterial der Legierung 681 B stammte von den Dürener Metallwerken. Die Walzeigenschaften waren sehr gut, sie ähnelten ungefähr denen des Nieteisens.

6.) Schraubenwerkstoff Aluminium.

In der Industrie werden Leichtmetall-Schrauben aus reinem Metall weniger hergestellt als solche aus Aluminium-Legierungen. Letztere finden, da sie etwa dieselben Festigkeitseigenschaften wie Messing besitzen sollen, vielfach Verwendung anstelle von Messingschrauben. Der Werkstoff Reinaluminium walzte sich sehr gut.

7.) Schraubenwerkstoff Kupfer.

Die Anwendung von Kupfer in der Schraubenfabrikation ist besonders bekannt durch die Feuerbuchs-Stehbolzen. Wenn auch die Herstellung von Stehbolzen-Gewinden durch Kaltwalzen bisher noch nicht einwandsfrei gelungen ist, so glauben doch verschiedene Gewindewalzmaschinen-Fabriken der Lösung dieser Frage bald näher zu kommen. Das hier gewalzte Kupfer hatte eine Brinellhärte von 55 bei dem Belastungsfall 10/1000/30. Seine Walzeigenschaften waren sehr gut.

8.) Schraubenwerkstoff Messing.

Der Schraubenwerkstoff Messing wurde bisher nur für geschnittene oder gefräste Schrauben verwendet und zwar für kleine Mechaniker-Schrauben

wie insbesondere für Holzschrauben. Da flußeiserne Holzschrauben auch kalt gewalzt werden, war das Verhalten von Messing beim Walzen von großem Interesse. Das hier verwandte Messing hatte eine Brinellhärte von 104 bei 10/1000/30. Es zeigte sich beim Walzen als zu spröde; wurde von den Walzbacken schwer erfaßt, in den meisten Fällen oval gedrückt und nur durch Entlangrutschen an den Backen mitgenommen. Aus den Versuchen ist der Schluß zu ziehen, daß Messing sich für den hier herzustellenden Gewindedurchmesser von 1¼" nicht zum Walzen eignet.

9.) Kritische Betrachtung zu 1 - 8.

Die Walzdruck-Diagramme weisen charakteristischen Anstieg und Abnahme der Drücke auf. Der radiale Walzdruck P_R (s.Fig.4 auf Tafel I) steigt beim Einwalzen bis zu einem Walzdruck P_{R_1}. Sobald P_{R_1} erreicht ist,- der Bolzen hat sich um fast ½ Umdrehung gedreht- tritt ein kurzer Stillstand ein, worauf der Druck plötzlich weiter steigt bis zur Erreichnung eines Höchstdruckes P_{R_2}. Sodann fällt der Druck allmählich wieder ab. Das erste Anwachsen des Druckes bis P_{R_1} ähnelt dem Verhalten von unter der Festigkeitsmaschine gedrückten Körpern vor Erreichung der Fließ-oder Quetschgrenze. Die Schwingungserscheinungen in dem abfallenden Ast der Druckkurve dürften aus dem Voreilen der beweglicher Walzbacke zu erklären sein, da ein Bolzen praktisch wohl nie so genau zu gleicher Zeit von beiden Walzbacken erfaßt wird,wie es die theoretisch genaue Gegenüberstellung der Walzbacken zu Beginn des Einwalzens erfordert.

Als wichtiges Ergebnis haben die Walzdruckkurven aufgewiesen, daß mit zunehmender Walzgeschwindigkeit die Walzdrücke, d.h. auch die reinen Verformungsarbeiten nicht gestiegen sind (s.Fig.7).

Das Verhalten der unter 1 - 8 besprochenen Schraubenwerkstoffe beim Walzen ist aus dem Diagramm der Fig. 8 und 9 zu ersehen, das auch den Einfluß der Gewindelänge auf die Walzdrücke deutlich zeigt.

Die Walzdruckdiagramme weisen das besonders für den Walzmaschinen-Konstrukteur wichtige Ergebnis auf, daß der Tangentialdruck P_T beim Gewindewalzen etwa dem 0,16-fachen Wert des Radialdruckes P_R entspricht (s.Fig.10).

Weiterhin wurde festgestellt, inwieweit der Radialdruck P_R von der Brinellhärte des zu walzenden Schraubenwerkstoffes abhängig ist. Die Fig. 11 ist aufgestellt für den hier gewählten Ausgangsdurchmesser von 29,3 mm des vorgeschabten Bolzens und eine Gewindelänge von 1 cm. Die Kurve über die Walzbarkeit dürfte auch für den Walzmaschinen-Konstrukteur von erheblicher Bedeutung sein. Auf Grund des hier verpreßten Volumens kann er durch Umrechnung für die von ihm zu walzenden Bolzen die entsprechenden Schlüsse ziehen, d.h. unter Berücksichtigung der Brinellhärte seines Schraubenwerkstoffes den Höchst-Radialdruck ermitteln und das Bett der Gewindewalzmaschine dimensionieren. Das oben angegebene Verhältnis $P_T : P_R$ kann sodann für die weitere Dimensionierung der Maschine herangezogen werden.

VIII. Messung der beim Kaltgewinderollen in der Schraube auftretenden Temperatur.

Die Kenntnis der beim Walzen auftretenden Temperatur ist von Interesse für die Beurteilung der durch den Walzprozeß hervorgerufenen Gefügeänderung des Bolzens, ferner für die Wahl des Werkstoffes für die Gewindewalzbacke. Es wurde zunächst versucht, auf rechnerischem Wege die Walztemperatur zu erfassen. Hierbei wurde für einen Bolzen von 29,3 mm Ø und 35 mm Gewindelänge eine nach dem Walzen im Bolzen sich einstellende Ausgleichstemperatur von 71,4°C ermittelt. Mit einem Kalorimeter durchgeführte Wärmemessungen ergaben für kleinere Bolzendurchmesser eine maximale Ausgleichstemperatur nach dem Walzen von etwa 70°C.

Da es darauf ankam, die Temperaturen während des rasch verlaufenden Walzprozeßes, also während der Verformung, zu kennen, so konnten nur Thermoelemente verwandt werden. Die zunächst probeweise jedoch ungenaue Messung der Bolzenausgleichstemperatur nach dem Walzen mit einem Silberkonstantan-Thermoelement, in dem der Bolzen mit dem Thermoelement außen abgetastet wurde, ergab ebenfalls eine Bolzenausgleichstemperatur von rd. 70°C.

Ferner wurde mit Hilfe eines Thermopaares, das durch Schraubenbolzen und Walzbacke gebildet ist, - nach der Art der Temperaturmessung von Gottwein[+)]-, an der Berührungsstelle zwischen Bolzen und Walzbacke eine Temperatur von 80°C festgestellt. Diese Temperaturangabe dürfte jedoch zu niedrig sein, da die Versuchsanordnung noch nicht auf stoßweisen, d.h. rasch wechselnden Temperatur-Verlauf geeicht wurde (hierüber s.u.)

Der Schraubenbolzen wurde nun zu einem Thermoelement-Eisen-Konstantan ausgebildet, d.h. ein Konstantandraht wurde unmittelbar in die Verformungszone eingeführt, während ein Eisendraht aus dem Bolzenmaterial bestand(s.Fig.12). Die während und nach dem Walzen an dem Millivoltmeter abgelesenen Werte sind mit Hilfe einer Thermoelementen-Eichkurve in Temperaturen umgerechnet[u.)] (in Fig.12 in Abhängigkeit von der Meßzeit und den Bolzen-Radien aufgetragen. Hierbei zeigte es sich, daß die gesamte Versuchsapparatur auf stoßweisen Temperaturverlauf geeicht werden mußte, da die gesamte Versuchsanordnung eine gewisse Trägheit besaß. In Fig.12 ist der gestrichelte von unten nach oben gehende Ast der Temperaturkurven der einzelnen Bolzenradien der direkt am Millivoltmeter abgelesene Temperaturwert, während der von oben nach unten stark ausgezogene Ast der einzelnen Temperaturkurven der korrigierten, tatsächlich auftretenden Temperatur entspricht.

+) Gottwein, die Messung der Schneidentemperatur beim Abdrehen von Flußeisen, Zeitschrift Maschinenbau 1927, S.1129.

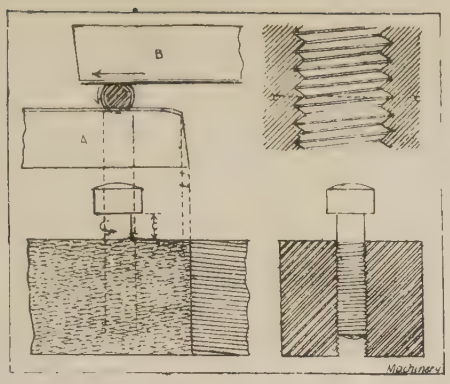


Fig. 1
Gewinderollen zwischen Backen.

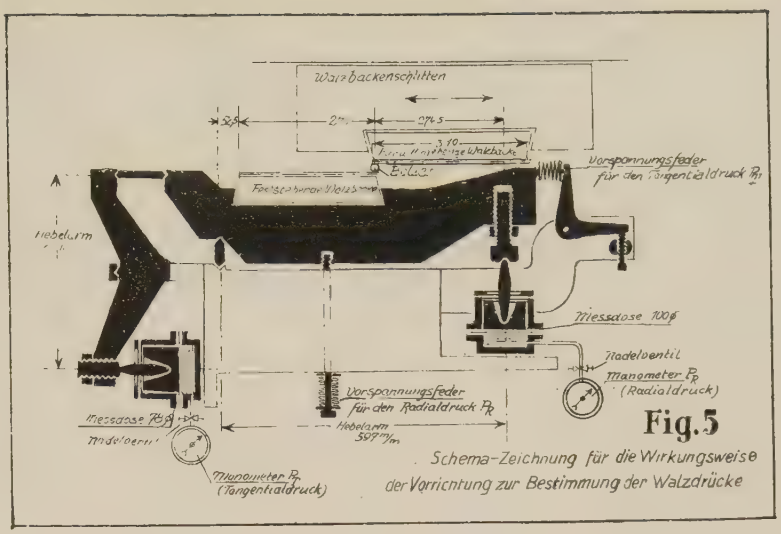


Fig.5
Schema-Zeichnung für die Wirkungsweise der Vorrichtung zur Bestimmung der Walzdrücke

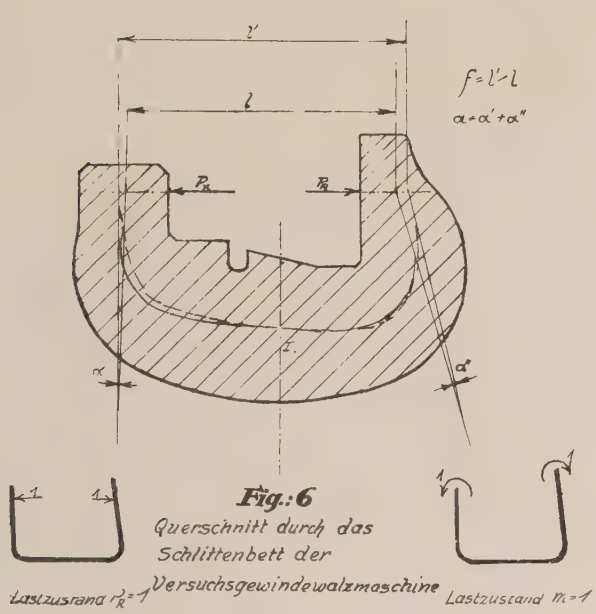


Fig.:6
Querschnitt durch das Schlittenbett der Versuchsgewindewalzmaschine

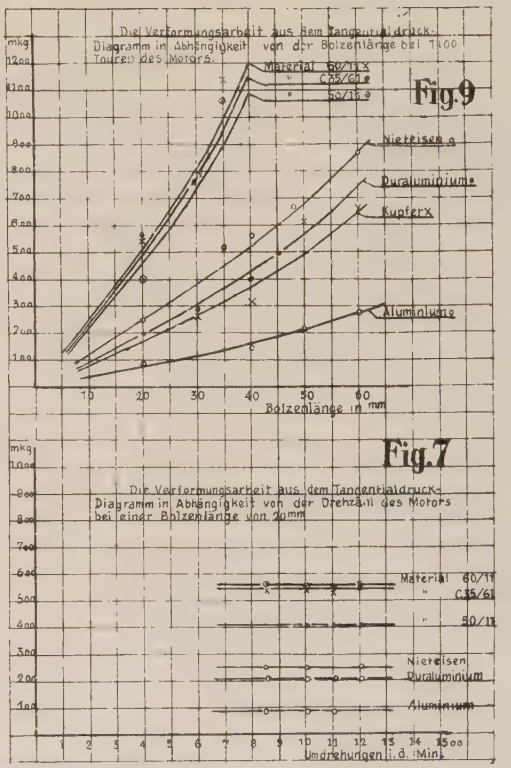


Fig.9

Fig.7

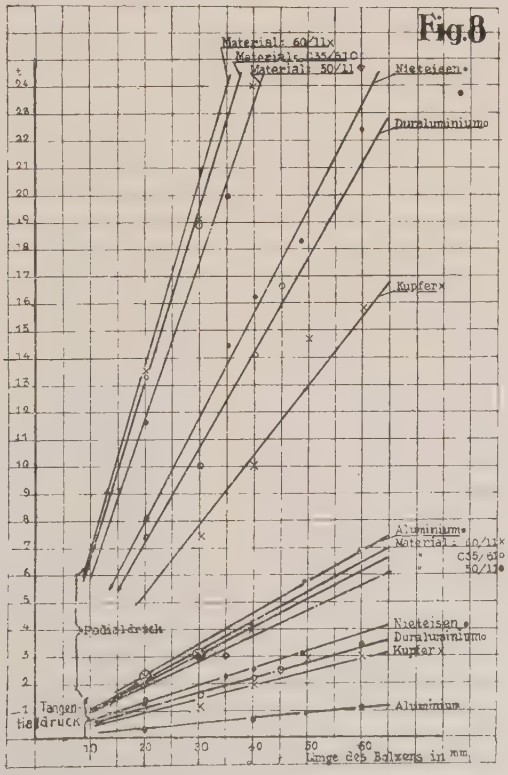
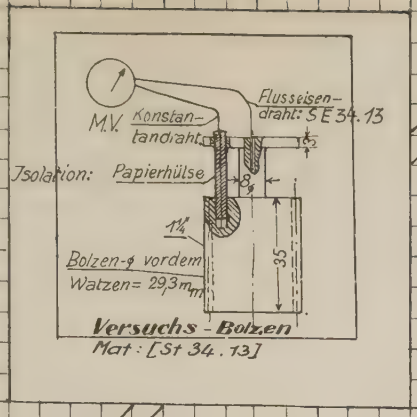
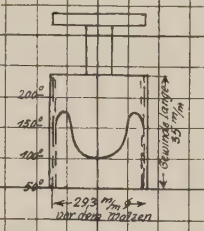
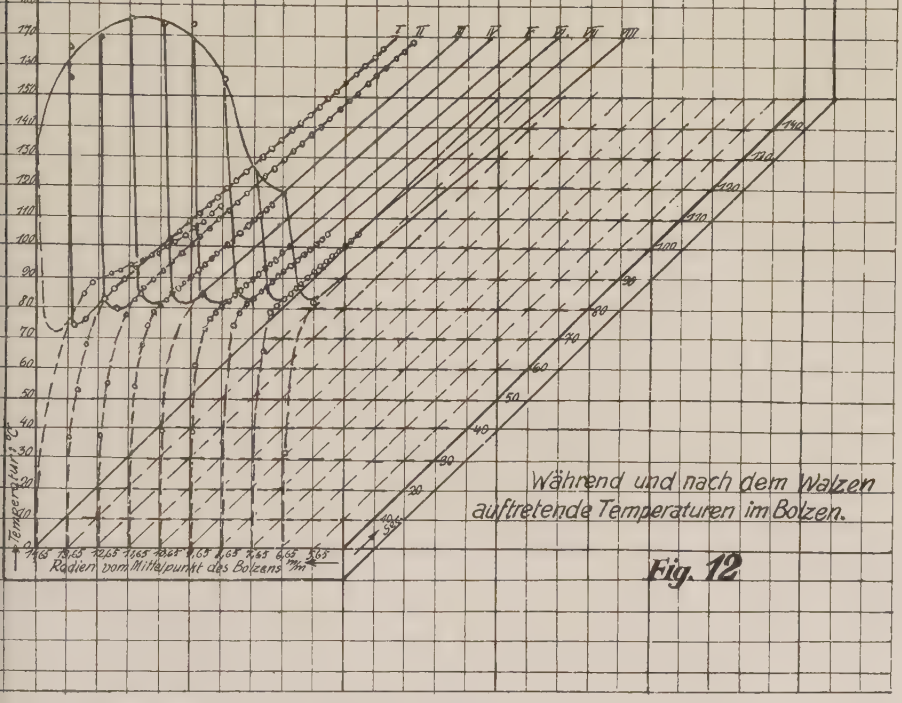


Fig.8





Höchsttemperatur-Verlauf während des Walzens auf Grund nebenstehenden Diagramms.



Während und nach dem Walzen auftretende Temperaturen im Bolzen.

Fig. 12

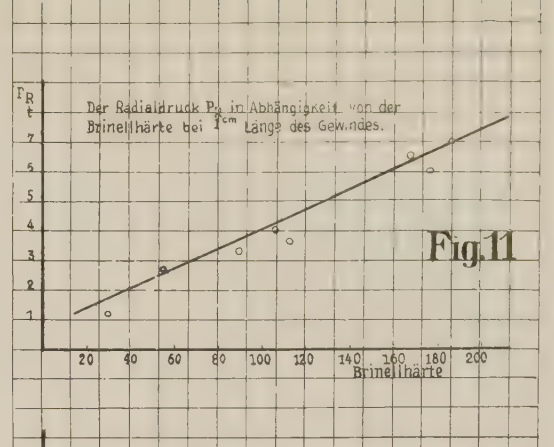


Fig. 11

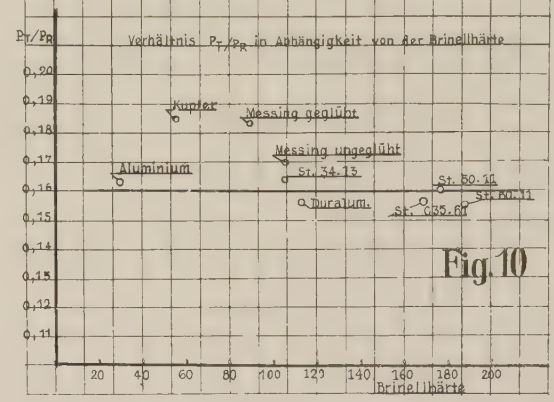


Fig. 10

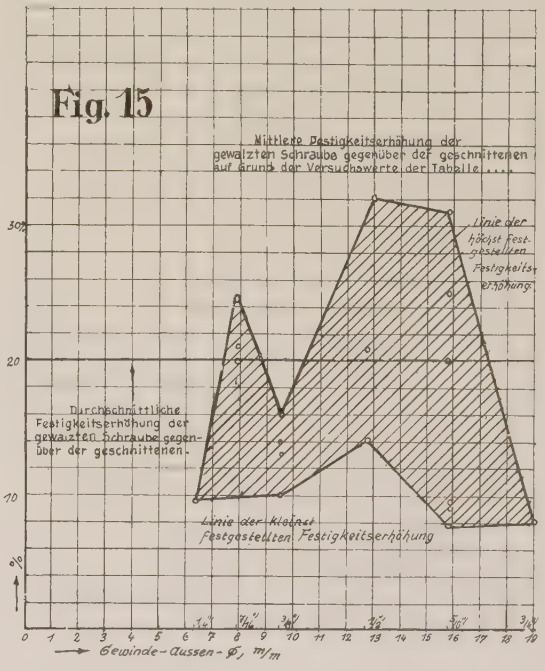
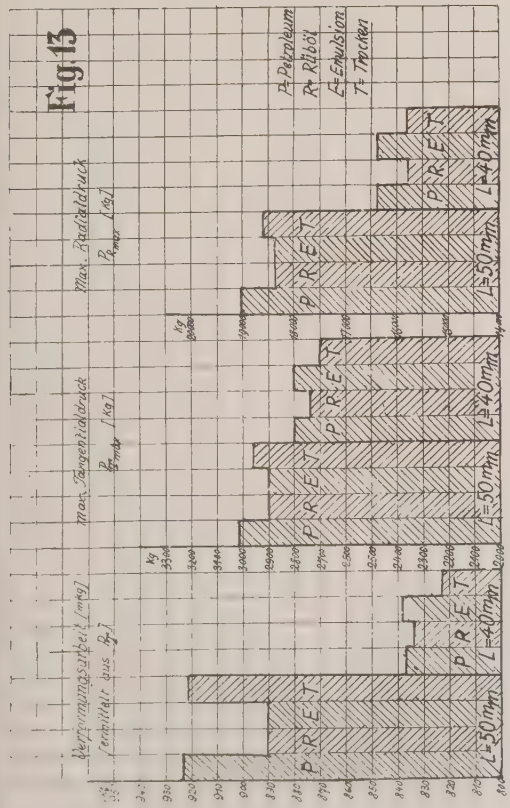


Fig. 15



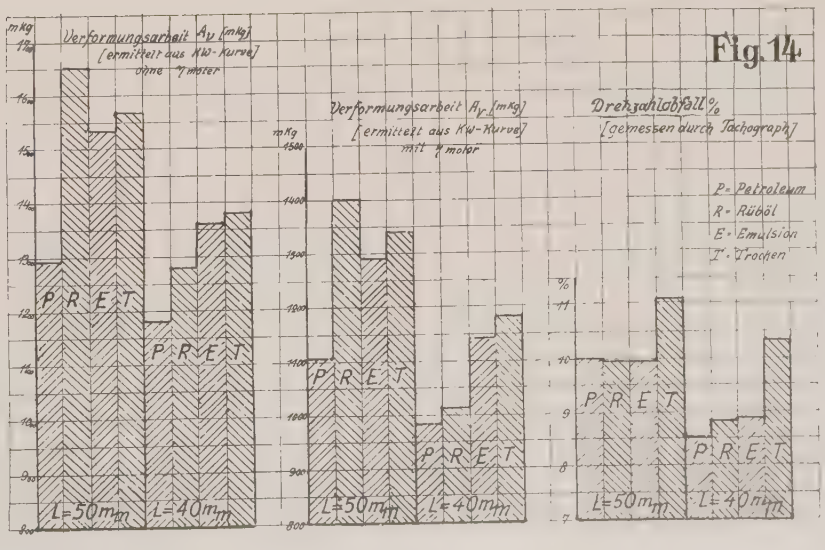


Fig. 14

Erst nach etwa 12 Sekunden war nämlich die Einstellzeit der gesamten Apparatur erreicht, so daß vom Treffpunkt beider Kurven ab der weitere Verlauf der Kurven I - VII (s. Fig. 12) den am Millivoltmeter abgelesenen und tatsächlichen Temperaturen entspricht.

Somit kann die Angabe gemacht werden, daß die während des Walzprozeßes in der Verformungszone herrschende maximale Durchschnittstemperatur rd. 180°C beträgt, sowie daß sich die nach dem Walzen einstellende Ausgleichstemperatur je nach der Größe des Bolzens zwischen 50 und 80°C bewegt.

Die ermittelte durchschnittliche maximale Walztemperatur von etwa 180° liegt in der Nähe des für die Verformung ungünstigen Gebietes der Blauwärme oder der sogenannten Warmsprödigkeit. Je mehr der Bolzen durch den Walzprozeß beansprucht wird, also besonders bei kleineren Abmessungen,- da hier das verformte Gebiet im Verhältnis zum Gesamtvolumen größer ist - , und je höher der Kohlenstoffgehalt des Bolzenmaterials ist,umso mehr können sich bei der gewalzten Schraube die Nachteile der Blausprödigkeit im Gebrauche äußern. Beim Walzen der Gewinde darf daher für kleine Schrauben nur weiches, kohlenstoffarmes Material verarbeitet werden. Die durch das Walzen kaltgereckten Kristalle des Werkstoffes, die bei den hier gewalzten Gewindebolzen von 1¼" bis zu einer maximalen Verformungstiefe von etwa 3 mm gehen, müssen durch Vergüten wieder in gleichmäßig feinen Zustand gebracht werden. Die Automobil-Industrie verwendet solche vergüteten Schrauben in ausgedehntem Maße.

Die beim Walzen auftretenden Temperaturen bzw. Temperaturschwankungen wirken auch in ungünstiger Weise auf die Haltbarkeit der Walzbacken ein, die ohnehin dauernd einer großen Druck-und Abnutzungsbeanspruchung ausgesetzt sind. Das Ausbrechen des Gewindeprofils an einer Stelle der Walzbacke zieht bald auch eine Zerstörung der benachbarten Profilbalkenteile nach sich. Eine so entstandene Verletzung

der Gewindebacke markiert sich naturgemäß auf der Oberfläche des Bolzens.

IX. Ermittlung des für den Walzvorgang günstigsten Kühl-und Schmiermittels.

Den Einfluß der Kühl-und Schmiermittel bei der spanabhabenden Metallbearbeitung haben bereits Gottwein[1], Herbert[2], Schlesinger[3], Wallichs[4], Obeltshauser[5] näher untersucht. Bei der spanlosen kalten Formgebung von Metallen sind die Arbeiten in dieser Hinsicht nicht so zahlreich, daß man aus ihren Resultaten Rückschlüsse auf das Gewindewalzen ziehen könnte. Nach Feststellung der während des Walzens herrschenden Temperatur von etwa 180° in der Verformungszone erschien es notwendig, auch für das Gewindewalzen die Brauchbarkeit verschiedener Kühl-und Schmiermittel (Hilfsflüssigkeiten) zu untersuchen. Dabei sind in Betracht zu ziehen :

1.) Die Anforderungen in Bezug auf die Hygiene :
Die Hilfsflüssigkeit darf keine ätzende Wirkung auf die menschliche Haut ausüben und nur in geringem Grade verdampfbar sein.

2.) Anforderungen in Bezug auf Kühlfähigkeit :
Die im Bolzen beim Walzen infolge der Materialverpressung auftretenden Temperaturen können so groß werden, daß durch die hiermit verbundene Ausdehnung des Bolzens die Walzbackenprofile ausbrechen. Die Kühlflüssigkeit muß diesen Übelstand beseitigen.

---

1) Gottwein, Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung, VDI-Verlag Berlin 1928.
2) Herbert und Kronenberg, Maschinenbau, 6.Jahrgang (1927), S.991.
3) Schlesinger, Wechselwirkung zwischen Werkstoff und Werkzeug, Werkstattstechnik 1927, S.611.
4) Wallichs-Krekeler, Untersuchung der Kühlöle bei der Zahnradbearbeitung, Z.d.V.D.I. 1929, H.19.
5) Obeltshauser, Kühlung und Schmierung von Automaten, Maschinenbau, 6.Jahrgang, 1927, S. 224.

Erst nach etwa 12 Sekunden war nämlich die Einstellzeit der gesamten Apparatur erreicht, so daß vom Treffpunkt beider Kurven ab der weitere Verlauf der Kurven I - VII (s.Fig.12) den am Millivoltmeter abgelesenen und tatsächlichen Temperaturen entspricht.

Somit kann die Angabe gemacht werden, daß die während des Walzprozeßes in der Verformungszone herrschende maximale Durchschnittstemperatur rd. 180°C beträgt, sowie daß sich die nach dem Walzen einstellende Ausgleichstemperatur je nach der Größe des Bolzens zwischen 50 und 80°C bewegt.

Die ermittelte durchschnittliche maximale Walztemperatur von etwa 180° liegt in der Nähe des für die Verformung ungünstigen Gebietes der Blauwärme oder der sogenannten Warmsprödigkeit. Je mehr der Bolzen durch den Walzprozeß beansprucht wird, also besonders bei kleineren Abmessungen,- da hier das verformte Gebiet im Verhältnis zum Gesamtvolumen größer ist - , und je höher der Kohlenstoffgehalt des Bolzenmaterials ist,umso mehr können sich bei der gewalzten Schraube die Nachteile der Blausprödigkeit im Gebrauche äußern. Beim Walzen der Gewinde darf daher für kleine Schrauben nur weiches, kohlenstoffarmes Material verarbeitet werden. Die durch das Walzen kaltgereckten Kristalle des Werkstoffes, die bei den hier gewalzten Gewindebolzen von 1¼" bis zu einer maximalen Verformungstiefe von etwa 3 mm gehen, müssen durch Vergüten wieder in gleichmäßig feinen Zustand gebracht werden. Die Automobil-Industrie verwendet solche vergüteten Schrauben in ausgedehntem Maße.

Die beim Walzen auftretenden Temperaturen bzw. Temperaturschwankungen wirken auch in ungünstiger Weise auf die Haltbarkeit der Walzbacken ein, die ohnehin dauernd einer großen Druck-und Abnutzungsbeanspruchung ausgesetzt sind. Das Ausbrechen des Gewindeprofils an einer Stelle der Walzbacke zieht bald auch eine Zerstörung der benachbarten Profilbalkenteile nach sich. Eine so entstandene Verletzung

der Gewindebacke markiert sich naturgemäß auf der Oberfläche des Bolzens.

IX. Ermittlung des für den Walzvorgang günstigsten Kühl-und Schmiermittels.

Den Einfluß der Kühl-und Schmiermittel bei der spanabhabenden Metallbearbeitung haben bereits Gottwein[1], Herbert[2], Schlesinger[3], Wallichs[4], Obeltshauser[5] näher untersucht. Bei der spanlosen kalten Formgebung von Metallen sind die Arbeiten in dieser Hinsicht nicht so zahlreich, daß man aus ihren Resultaten Rückschlüsse auf das Gewindewalzen ziehen könnte. Nach Feststellung der während des Walzens herrschenden Temperatur von etwa 180° in der Verformungszone erschien es notwendig, auch für das Gewindewalzen die Brauchbarkeit verschiedener Kühl-und Schmiermittel (Hilfsflüssigkeiten) zu untersuchen. Dabei sind in Betracht zu ziehen :

1.) Die Anforderungen in Bezug auf die Hygiene :
Die Hilfsflüssigkeit darf keine ätzende Wirkung auf die menschliche Haut ausüben und nur in geringem Grade verdampfbar sein.

2.) Anforderungen in Bezug auf Kühlfähigkeit :
Die im Bolzen beim Walzen infolge der Materialverpressung auftretenden Temperaturen können so groß werden, daß durch die hiermit verbundene Ausdehnung des Bolzens die Walzbackenprofile ausbrechen. Die Kühlflüssigkeit muß diesen Übelstand beseitigen.

---

1) Gottwein, Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung, VDI-Verlag Berlin 1928.
2) Herbert und Kronenberg, Maschinenbau, 6.Jahrgang (1927), S.991.
3) Schlesinger, Wechselwirkung zwischen Werkstoff und Werkzeug, Werkstattstechnik 1927, S.611.
4) Wallichs-Krekeler, Untersuchung der Kühlöle bei der Zahnradbearbeitung, Z.d.V.D.I. 1929, H.19.
5) Obeltshauser, Kühlung und Schmierung von Automaten, Maschinenbau, 6.Jahrgang, 1927, S. 224.

3.) Anforderungen in Bezug auf Schmierfähigkeit :
Gute Schmierfähigkeit wird sich zunächst in geringerem Arbeitsaufwand beim Walzen äußern; sodann wird das beim Trockenwalzen auftretende „Kleben" des Bolzens an den Backen und die Zerstörung derselben durch „Rücknahme" des Bolzens vermieden.

4.) Anforderungen in Bezug auf die Nachbehandlung des Bolzens :
Soll der Bolzen nach dem Walzen sofort entfettet werden, so muß bei der Auswahl des Schmiermittels auch auf den Schraubenwerkstoff (Stahl, Aluminium, Messing) Rücksicht genommen werden.

Für die einschlägigen Versuche wurde das Material Nieteisen St 34.13 verwendet, bei 29,3 mm mittlerem vorgeschabten Bolzendurchmesser und 40 - 50 mm Gewindelänge. Die Walzgeschwindigkeit betrug 40.6 m/Min. Untersucht wurden die Schmiermittel Rüböl, Petroleum und eine Emulsion. Zum Vergleich wurden einige Versuche mit trockenem Walzen ausgeführt. Die Walzdruck-, Funkenwatt-und Tachographenkurven wurden ausgewertet und ergaben als günstigste Hilfsflüssigkeiten Petroleum und Rüböl. Rüböl scheint sich in kleineren Drücken, Petroleum in einem kleineren Kraftverbrauch zu äußern (s.Fig.13 und 14). Da es beim Walzen auf ein vollkommenes Überfluten der Walzbacken ankommt, so ist Petroleum infolge seiner geringen Oberflächenspannung und mithin größeren Benetzungsfähigkeit gegenüber Rüböl im Vorteil. Um die günstige Druckwirkung des Rüböls (oder der Emulsion) auszunutzen, kann eine Mischung von Petroleum und einer geeigneten Emulsion empfohlen werden.

X. Festigkeitseigenschaften gewalzter Bolzen im Vergleich mit geschnittenen.

1.) Festigkeitseigenschaften bei statischer Beanspruchung.

Der alte Streit, ob die gewalzte Schraube gegenüber der geschnittenen hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften ebenbürtig

sei, hat anfänglich viel dazu beigetragen, die Verbreitung der gewalzten Schraube einzuschränken. Die fortschreitende Erkenntnis in metallographischer und technologischer Beziehung hat aber der gewalzten Schraube auch für höhere Beanspruchung die Wege gewiesen. Der gesamte Herstellungsprozeß der gewalzten Schraube hat sich dabei im Laufe der letzten Jahre immer mehr zu einem spanlosen Verformungsverfahren (Reduzieren anstatt Anfräsen des Bolzenschaftes vor dem Walzen) entwickelt. Schliffbilder zeigen, daß die Fasern des Materials beim Walzen erhalten bleiben, also keine Unterbrechung erleiden wie beim Schneiden der Gewinde. Dies hat eine erhöhte Zugfestigkeit der Schraube zur Folge. Zug-und Schlagzerreißversuche verschiedener Firmen sowie eigene Versuche werden besprochen mit dem Ergebnis, daß die gewalzte Schraube gegenüber der geschnittenen eine durchschnittliche Festigkeitserhöhung von 20% aufweist, s.Fig.15. Das Streckgrenzenverhältnis $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ von gewalzten Schrauben soll nach Angabe des Staatlichen Materialprüfungsamtes,Groß-Lichterfelde, (entnommen einem Prospekt der Firma Calow, Bielefeld) von 0,78 auf 0,86 heraufgesetzt werden können.

Berücksichtigt man weiter, daß nach S c h a u r t e[+)] durch richtige Wärmebehandlung eines Schraubenwerkstoffs von etwa 55 kg/mm^2 Zerreißfestigkeit (entsprechend St C 35.61) das Streckgrenzenverhältnis $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ von 0,7 auf 0,85 gesteigert werden kann, so müßte das Gewindewalzen sich bei diesem verhältnismäßig billigen Werkstoff in einer weiteren Erhöhung der Streckgrenze gegenüber der geschnittenen Schraube auswirken. Die Gefahr, beim Anziehen von Schrauben unter ½" Ø die Streckgrenze zu überschreiten, würde also bei gewalzten und vergüteten Schrauben bedeutend vermindert.

+) W.T. Schaurte, Anforderungen an Schrauben-und Mutterneisen, Sonderdruck aus „Stahl und Eisen als Werkstoff", Verlag Stahl und Eisen, Düsseldorf 1927.

2.) Festigkeitseigenschaften bei dynamischer Beanspruchung.

Für höher beanspruchte Maschinenschrauben ist öfters die dynamische Festigkeit von großer Bedeutung. Leider fehlt es in dieser Hinsicht noch an eingehenden Versuchen, auch ist die Frage der Kerbwirkung noch recht wenig geklärt. Auf Grund der Arbeiten von Föppl[+] über die durch Drücken der Oberfläche von runden Stahlstäben erreichte wesentliche Steigerung der Haltbarkeit gegen wechselnde Verdrehungsbeanspruchung darf auch bei gewalzten Schrauben auf eine entsprechende Erhöhung der dynamischen Festigkeit geschlossen werden. Auch bei nachherigem Vergüten wird die gewalzte Schraube durch ihre während des Herstellungsprozeßes erhaltene Sehne bei Verdrehungsbeanspruchung der geschnittenen Schraube manches voraus haben. Ohne eingehende Versuche kann eine zahlenmäßige Angabe der Steigerung der Baustoffdämpfung bei kaltgewalzten Schrauben gegenüber geschnittenen nicht gemacht werden. Ferner spielt die Kerbwirkung des Gewindes bei diesem Vergleich sicher eine große Rolle, während die von Föppl durchgeführten Versuche sich auf Rundstäbe ohne Kerben beziehen. Auch Kuntze[++] zeigt die erhöhte Biegefestigkeit einer vergüteten gewalzten Schraube gegenüber einer unvergüteten.

Vom Verfasser wurden selbst Kaltbiegeproben von gewalzten und geschnittenen 1/4"-igen Schrauben aus Material von etwa 40 kg/mm^2 Festigkeit im unvergüteten Zustand durchgeführt, wobei die gewalzten Schrauben sich nur um 75° bis zum auftreten der ersten Anrisse biegen ließen, die geschnittenen Schrauben dagegen bis um 104°.

+) Föppl, Die Steigerung der Dauerhaltbarkeit durch Oberflächendrücken, Z.d.V.D.I. 1929, H. 22, S.755.

++) Kuntze, Über die Kerbgefahr, Z.d.V.D.I., 1930, Heft 3, S.81.
Zur Zugfestigkeit im Schraubengewinde, Z.d.V.D.I.1929, H.14, S.469.

Die Zähigkeit der letztgenannten Schraube erscheint daher etwas höher.

Auf Grund obiger Darlegung ist die gewalzte Schraube der geschnittenen zunächst bei allen kleineren Beanspruchungen ebenbürtig an die Seite zu stellen, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß sie in der Mengenerzeugung billiger ist als die geschnittene. Aber auch bei größeren, reinen Zugbeanspruchungen ist sie schon in unvergüteten Zustande der geschnittenen Schraube überlegen. Im vergüteten Zustande dürfte diese Überlegenheit für jede Beanspruchungsart und-Größe vorhanden sein.

Ein sicheres Bild über zulässige dynamische Beanspruchungen könnten nur Versuche ergeben, die in ihrem Aufbau die wirklichen Beanspruchungen des Bolzens nachahmen. Eine diesen Bedingungen Rechnung tragende, dynamische Schraubenprüfmaschine, die die Schraubenfabrik Bauer & Schaurte, Neuss a.Rh., auf der internationalen Automobil-Ausstellung, Berlin 1929, gezeigt hat, wird als Beispiel kurz besprochen.

XI. Anwendung der Versuchsergebnisse auf die Konstruktion der heute gebräuchlichsten Gewindewalzmaschinen.

Auf Grund der in den vorstehenden Abschnitten beschriebenen Versuche kann allgemein gesagt werden, daß bei vertikaler Stellung des Bolzens und von Hand betätigter Zubringung die horizontale Bauart der Gewindewalzmaschinen mit hin-und hergehender Walzbacke die geeignetste sein dürfte. Der Bolzenzuführung von Hand sind eben Grenzen bezüglich der Walzgeschwindigkeit gesetzt, die einerseits durch die Geschicklichkeit des die Gewindewalzmaschine bedienenden Arbeiters und andererseits durch die zulässige Beanspruchung der Gewindewalzbacke gegeben sind. Die hier ermittelte Grenze der Walzgeschwindigkeit

beträgt 44 m/Min. bei Bolzenzuführung von Hand. Mit automatischen Gewindewalzmaschinen wurden vom Verfasser keine Versuche durchgeführt, und es sollen daher über die bei diesen Maschinen zulässigen Walzgeschwindigkeiten keine Angaben gemacht werden. Für Bolzen kleinerer Abmessungen, die in Mengen gefertigt werden, ist die automatische Zubringung die vorteilhafteste, da hier die anteilige Einstellzeit je Stück mit zunehmender Stückzahl immer geringer wird und ein Arbeiter mehrere Maschinen bedienen kann. Hier scheint die schrägliegende Bauart gegenüber der horizontalen manche Vorteile aufzuweisen.